



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“SISTEMA DE COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN Y ADSORCIÓN A NIVEL DE LABORATORIO PARA LA REDUCCIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN LAS AGUAS RESIDUALES DEL LAVADO DE CONTENEDORES REFRIGERADOS DEL ALMACÉN M.P.S.A.R.C.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autor:

Ana Paula Revolledo Chaparro

Asesor:

MSc. Margeo J. Chuman Lopez

Lima - Perú

2021

TABLA DE CONTENIDOS

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN.....	x
SUMMARY	xi
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad Problemática	12
1.2. Bases teóricas.....	20
1.3. Formulación del Problema	45
1.4. Justificación.....	45
1.5. Objetivos	47
1.6. Hipótesis	48
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	49
2.1. Población y muestra.....	49
2.2. Materiales, instrumentos y métodos	50
2.3. Procedimiento	53
CAPÍTULO III. RESULTADOS	65
3.1. Caracterización inicial del agua residual.....	65
3.2. Análisis estadístico del proceso de Coagulación-Floculación	65
3.3. Dosis óptima de cada coagulante para el mayor porcentaje de remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y turbidez.....	69
3.4. Análisis estadístico del proceso de adsorción	72
3.5. Reducción de los parámetros físicoquímicos las aguas residuales después del tratamiento por el sistema de Coagulación-Floculación y Adsorción	75
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	77
4.1. Discusión.....	77
4.2. Conclusiones.....	82
4.3. Recomendaciones	83
REFERENCIAS.....	84
ANEXOS	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Técnica e instrumentos de recolección de datos</i>	52
Tabla 2 <i>Metodología aprobada por INACAL y utilizada por ALAB</i>	53
Tabla 3 <i>Factores y niveles del proceso de coagulación-floculación</i>	55
Tabla 4 <i>Diseño factorial del experimento en coagulación-floculación</i>	56
Tabla 5 <i>Característica del vial para rango alto</i>	59
Tabla 6 <i>Factores y niveles del proceso de adsorción</i>	61
Tabla 7 <i>Ficha de toma de datos de los experimentos (diseño factorial)</i>	61
Tabla 8 <i>Caracterización Inicial del Agua Residual</i>	65
Tabla 9 <i>Resultados del proceso de Coagulación-Floculación</i>	66
Tabla 10 <i>Resultados del proceso de Adsorción</i>	72
Tabla 11 <i>Reducción de los parámetros físicoquímicos de las aguas residuales después del tratamiento por Coagulación-Floculación y Adsorción</i>	76

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Toma de muestras del agua residual proveniente del lavado de contenedores refrigerados.	55
<i>Figura 2.</i> Proceso de Coagulación-Floculación aplicando Cloruro Férrico.	58
<i>Figura 3.</i> Diagrama de procesos de coagulación-floculación y adsorción aplicado en la investigación.	62
<i>Figura 4.</i> Diagrama de flujo del procedimiento de la investigación.	64
<i>Figura 5.</i> Probabilidad normal.	67
<i>Figura 6.</i> Varianza constante.	67
<i>Figura 7.</i> Prueba de Independencia.	68
<i>Figura 8.</i> Diagrama de Pareto.	68
<i>Figura 9.</i> Análisis de Varianza (ANOVA) sobre remoción de DQO (%).	69
<i>Figura 10.</i> Efectos principales para la remoción de DQO (%).	70
<i>Figura 11.</i> Gráfica de interacción.	70
<i>Figura 12.</i> Promedio de remoción de turbidez con respecto al tipo y dosis de coagulante.	71
<i>Figura 13.</i> Análisis de Varianza (ANOVA) sobre remoción de Turbidez.	71
<i>Figura 14.</i> Remoción promedio de DQO y Turbidez en el proceso de Adsorción.	72
<i>Figura 15.</i> Prueba T de datos en base a remoción de DQO (%).	73
<i>Figura 16.</i> Prueba T de datos en base a remoción de Turbidez (%).	74

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Reducción de DQO</i>	24
Ecuación 2 <i>Fórmula para la determinación del volumen de la muestra</i>	49
Ecuación 3 <i>Determinación del volumen de la muestra simple del agua residual del lavado de contenedores refrigerados.</i>	50
Ecuación 4 <i>Determinación de DQO</i>	60

RESUMEN

Las aguas residuales provenientes del lavado de contenedores refrigerados del almacén M.P.S.A.R.C. son vertidas directamente al sistema de alcantarillado sin previo tratamiento lo cual generaría un daño a la infraestructura sanitaria, así como un impacto ambiental negativo ya que no cumplen con los Valores Máximos Admisibles. El objetivo fue evaluar el sistema de coagulación-floculación y adsorción a nivel de laboratorio para la reducción de los parámetros físicoquímicos en las aguas residuales del lavado de contenedores refrigerados mediante un diseño experimental puro. Se consideró como población 1 m³/h y una muestra de 26 litros. En el proceso de Coagulación – Floculación se empleó Coagulante Orgánico, Cloruro Férrico y Policloruro de Aluminio en dosis de 1, 2 y 3 ml/L y dosis constante de 3 ml/L de poliacrilamida aniónica como floculante. En el proceso de adsorción se aplicó 500 g de carbón activado granular evaluando 5 y 10 minutos de contacto. Se determinó que la dosis óptima para cada coagulante fue de 3 ml/L, siendo el Cloruro Férrico el más eficiente, mientras que en el proceso de adsorción se estableció mayor remoción de DQO y turbidez a los 10 minutos de contacto. Tras la culminación del tratamiento del sistema se redujo el 98.11 %, 98.88 %, 99.84 %, 99.50 %, 99.90 % de DBO₅, de DQO, SST y AyG respectivamente; cumpliendo con los Valores Máximos Admisibles.

Palabras clave: Coagulación, floculación, adsorción, aguas residuales del lavado de contenedores refrigerados.

SUMMARY

Wastewater from the washing of refrigerated containers of the M.P.S.A.R.C. are discharged directly into the sewerage system without prior treatment, which would generate damage to the sanitary infrastructure, as well as a negative environmental impact since they don't meet with the Maximum Admissible Values. The objective was to evaluate the coagulation-flocculation and adsorption system at laboratory level for the reduction of the physicochemical parameters from wastewater reefer containers washing through an experimental design. A population of 1 m³ / h and a sample of 26 liters was considered. In the Coagulation - Flocculation process, Organic coagulant, Ferric Chloride and Aluminum Polychloride were used in doses of 1, 2 and 3 ml/L and a constant dose of 3 ml/L of anionic polyacrylamide as flocculant. Adsorption process 500 g of granular activated carbon was applied evaluating 5 and 10 minutes of contact. The optimal dose for each coagulant was 3 ml/L, and Ferric Chloride was the most efficient; while in the adsorption process, the most reduction of COD and turbidity was after 10 minutes of contact. Finally, after system treatment, 98.11%, 98.88%, 99.84%, 99.50%, 99.90% of BOD₅, COD, TSS and Oils and Greases respectively were reduced; comply with the Maximum Admissible Values.

Keywords: Coagulation, flocculation, adsorption, reefer containers washing wastewater.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.

REFERENCIAS

- Agreda, A., & Domínguez, T. (2018). Influencia de la concentración de peróxido de hidrógeno y sulfato ferroso en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno de efluentes de curtiembre pretratados mediante coagulación-floculación (Pregrado, Universidad Nacional de Trujillo). Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11438>
- Aguilar, M., Ortuño, J., Soler, A., & Sáez, J. (2002). Tratamiento físico-químico de aguas residuales: Coagulación-floculación. Recuperado de <https://n9.cl/clzoe>
- Alcarraz, M., & Inche, J. (2014). Tratamiento de efluentes de una planta procesadora de frutas. *Industrial Data*, 13(2), 099. <https://doi.org/10.15381/idata.v13i2.6199>
- Analytical Laboratory E.I.R.L. (2019). Informe de Monitoreo de Agua Residual No doméstica de Medlog Perú Reefer Center S.A. (p. 18) [Informe de Monitoreo Ambiental]. Lima: Analytical Laboratory E.I.R.L.
- Andía, Y. (2000). Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico. Tratamiento de Agua: Coagulación—Floculación. Recuperado de <https://n9.cl/l7fj4>
- Apolitano, M., & Cevallos, H. (2018). Efecto de la relación agua teñido/carbón activado y tiempo en la adsorción de agua residual de la etapa de teñido en una curtiembre (Pregrado, Universidad Nacional de Trujillo). Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11452>
- ArchAdmin. (2016). Almacenaje de contenedores. Recuperado 25 de octubre de 2020, de ArchContainers website: <https://n9.cl/tnp56>

- Ardila, A., Reyes, J., Arriola, E., & Hernández, J. (2012). Remoción fotocatalítica de DQO, DBO5 y COT de efluentes de la industria farmacéutica. *Revista Politécnica*, 8(15), 9-17.
- Baird, R., Eaton, A., & Rice, E. (2017). *Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23.^a ed.). American Public Health Association.
- Barajas, C., & León, A. (2015). Determinación de la dosis óptima de Sulfato de Aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) en el proceso de Coagulación-Floculación para el Tratamiento de agua potable por medio del uso de una red neuronal artificial (Pregrado, Universidad Santo Tomás). Universidad Santo Tomás, Colombia. Recuperado de <https://n9.cl/vo9ql>
- Barba, L. (2002). Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. Recuperado 25 de octubre de 2020, de Docplayer website: <https://n9.cl/pahby>
- Bedoya, J., Ardila, A., & Reyes, J. (2014). Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial en el tratamiento de las aguas residuales generadas en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquía, Colombia. 30(3), 275-283.
- Bratby, J. (2006). *Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment—Second Edition*. Water Intelligence Online, 5. <https://doi.org/10.2166/9781780402321>
- Carbotecnia. (2004). El carbón activado en el tratamiento de aguas residuales. Recuperado de <https://n9.cl/kxsi>
- Chambi, Z. (2018). Tratamiento de aguas residuales de lavanderías por el proceso de coagulación-floculación y adsorción (Pregrado, Universidad Nacional del

- Altiplano). Universidad Nacional del Altiplano, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8347>
- Charapaqui, J. (2019). Dosificación de coagulantes y floculantes para la remoción de sedimentos del agua en el embalse Cuchoquesera, Ayacucho (Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4158>
- Chávez, J., Bardales, K., Holguín, V., & Laiza, C. (2012). Influencia de la temperatura, tiempo de residencia y relación carbón activado/zumo de fruta en la absorbancia y retención de compuestos indeseables en el zumo filtrado de uva verde (*Vitis vinífera*). Escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Trujillo, 2, 8.
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., & Andrade, M. (2010). Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales (Nelson Antequera Durán). Bolivia: Universidad Mayor de San Simón. Recuperado de <https://n9.cl/b4q8d>
- Díaz, J. (2016). El agua, recurso estratégico global, ¿riesgo u oportunidad? Revista de Pensamiento Estratégico y Seguridad CISDE, 1(1), 80-86.
- Dioses, J. (2019). Tratamiento de los efluentes de la etapa remojo en la industria de peletería (Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4135>
- Dirección General de Salud (DIGESA). (s. f.). GESTA AGUA: Grupo de Estudio Técnico Ambiental. Recuperado de <https://n9.cl/y6uf>

- Dotto, J., Fagundes-Klen, M., Veit, M., Palácio, S., & Bergamasco, R. (2019). Performance of different coagulants in the coagulation/flocculation process of textile wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 208, 656-665. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.112>
- Espinal, G. (2017). Eficiencia del carbón activado a base de cascara de coco en el tratamiento de aguas residuales domesticas en el AA. HH. 10 de octubre, distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, año 2017 (Universidad Cesar Vallejo). Universidad Cesar Vallejo, Perú. Recuperado de <https://n9.cl/f21x>
- Fernández, A., Letón, P., Rosal, R., Dorado, M., Villar, S., & Sanza, J. (2014). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales (p. 137). España.
- Florez, G., López, M., & Mannsbach, M. (2016). Remoción de materia orgánica en aguas residuales municipales a partir de procesos de coagulación-floculación. *Revista internacional de investigación y docencia*, 1(4), 33.
- Foo, K. Y., Lee, L. K., & Hameed, B. H. (2013). Batch adsorption of semi-aerobic landfill leachate by granular activated carbon prepared by microwave heating. *Chemical Engineering Journal*, 222, 259-264. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.02.032>
- Godoy, V. (2018). Análisis comparativo de la disminución de la turbidez en el proceso de floculación utilizando un floculante comercial y la paleta de tuna (Pregrado, Universidad Privada del Norte). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13840>
- Gómez, A., Rincón, S., & Klose, W. (2010). Carbón activado de cuesco de palma: Estudio de termogravimetría y estructura. kassel university press GmbH.

Guerreiro, L. F., Rodrigues, C. S. D., Duda, R. M., de Oliveira, R. A., Boaventura, R. A. R.,

& Madeira, L. M. (2016). Treatment of sugarcane vinasse by combination of coagulation/flocculation and Fenton's oxidation. *Journal of Environmental Management*, 181, 237-248. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.06.027>

Hendricks, D. (2006). *Water Treatment Unit Processes: Physical and Chemical*. Boca Raton, FL.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación Quinta edición (5.^a ed.)*. México: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <https://n9.cl/px0c>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación Sexta Edición (6.^a ed.)*. México: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <https://n9.cl/7uwx>

iAgua, redaccion. (2014, julio 15). El mal uso del sistema de alcantarillado ocasiona hasta 176 atoros al día en Lima y Callao [Text]. Recuperado 19 de septiembre de 2020, de IAgua website: <https://n9.cl/2ki4>

Institución Nacional de Calidad (INACAL). (2016). NTP 214.060.2016 Aguas residuales. Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado.

Irfan, M., Butt, T., Imtiaz, N., Abbas, N., Khan, R. A., & Shafique, A. (2017). The removal of COD, TSS and colour of black liquor by coagulation–flocculation process at optimized pH, settling and dosing rate. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S2307-S2318. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.08.007>

Jiménez, B. (2001). *La Contaminación Ambiental en México*. Editorial Limusa.

Jones, D. L., Freeman, C., & Sánchez-Rodríguez, A. R. (2017). Waste Water Treatment. En

B. Thomas, B. G. Murray, & D. J. Murphy (Eds.), Encyclopedia of Applied Plant Sciences (Second Edition) (pp. 352-362). Oxford: Academic Press.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00019-8>

Larrucea, J., Marí, R., & Martín, J. (2013). Transporte en contenedor 2ª Edición. México:

Alfaomega Grupo Editor.

Lazo, E. (2017). Evaluación de la contaminación ambiental generada por efluentes industriales en el proceso productivo de una curtiembre de mediana capacidad del parque industrial de Rio Seco, Arequipa (Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2413>

Li, W., Hua, T., Zhou, Q., Zhang, S., & Li, F. (2010). Treatment of stabilized landfill leachate by the combined process of coagulation/flocculation and powder activated carbon adsorption. Desalination, 264(1), 56-62.

<https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.07.004>

Loayza, G. (2017). Aplicación del tratamiento físico químico para la reducción de la contaminación de los efluentes en una empresa de bebidas carbonatadas – Huacho— 2013 (Maestría, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/2579>

Lobatón, M., & Hualpa, L. (2019). Comparación de la eficiencia en la depuración de efluentes residuales de industrias de colapez, utilizando un tratamiento convencional y un alternativo de electrocoagulación en el PIRS -2019 (Pregrado, Universidad

- Católica de Santa María). Universidad Católica de Santa María, Perú. Recuperado de <https://tesis.ucsm.edu.pe:80/repositorio/handle/UCSM/9566>
- Long, Y., Xu, J., Shen, D., Du, Y., & Feng, H. (2017). Effective removal of contaminants in landfill leachate membrane concentrates by coagulation. *Chemosphere*, 167, 512-519. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.10.016>
- Medlog Perú. (2019). Lavado de Contenedores Vacíos.
- Meng, X., Wu, J., Kang, J., Gao, J., Liu, R., Gao, Y., ... Hu, Y. (2018). Comparison of the reduction of chemical oxygen demand in wastewater from mineral processing using the coagulation–flocculation, adsorption and Fenton processes. *Minerals Engineering*, 128, 275-283. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2018.09.009>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2021). Estándares de Calidad Ambiental—Preguntas Frecuentes. Recuperado de <https://n9.cl/sv7s5>
- Mohammad-pajoo, E., Turcios, A. E., Cuff, G., Weichgrebe, D., Rosenwinkel, K.-H., Vedenyapina, M. D., & Sharifullina, L. R. (2018). Removal of inert COD and trace metals from stabilized landfill leachate by granular activated carbon (GAC) adsorption. *Journal of Environmental Management*, 228, 189-196. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.020>
- Moretto, B., Gentili, J., Cano, M. de los Á. O., & Campo, A. (2019). El agua: Recurso y peligro. Análisis normativo-institucional para la vertiente norte del Sistema de Ventania (Argentina). *Geográfica digital*, 16(31), 29-45. <https://doi.org/10.30972/geo.16313598>
- Morrissey, A. (2020). Treatment and Recycling of Domestic and Industrial Wastewater. En S. Hashmi & I. A. Choudhury (Eds.), *Encyclopedia of Renewable and Sustainable*

Materials (pp. 908-918). Oxford: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11082-3>

Muñoz, A. (2012). Tipos de investigación. Academia edu, 6(10).

Muruganathan, M., Raju, G. B., & Prabhakar, S. (2004). Removal of sulfide, sulfate and sulfite ions by electro coagulation. Journal of Hazardous Materials, 109(1), 37-44. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2003.12.009>

Nafees, M., & Waseem, A. (2014). Organoclays as Sorbent Material for Phenolic Compounds: A Review. CLEAN – Soil, Air, Water, 42(11), 1500-1508. <https://doi.org/10.1002/clen.201300312>

Noyola, A., Morgan, J., & Patricia, L. (2013). Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas.

Oloibiri, V., Ufomba, I., Chys, M., Audenaert, W. T. M., Demeestere, K., & Van Hulle, S. W. H. (2015). A comparative study on the efficiency of ozonation and coagulation–flocculation as pretreatment to activated carbon adsorption of biologically stabilized landfill leachate. Waste Management, 43, 335-342. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.06.014>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2014a). El OEFA advierte problemática ambiental por déficit de tratamiento de las aguas residuales a nivel nacional. Recuperado 4 de octubre de 2020, de OEFA website: <https://www.oefa.gob.pe/el-oefa-advier-te-problemat-ica-ambiental-por-deficit-de-tratamiento-de-las-aguas-residuales-a-nivel-nacional/ocac07/>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2014b). Fiscalización Ambiental de Aguas Residuales. Recuperado de <https://n9.cl/119w>

Organización de las Naciones Unidas. (2017). Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos, 2017: Aguas residuales: El recurso no explotado. Recuperado de <https://n9.cl/clkj>

Pariente, M. I., Segura, Y., Molina, R., & Martínez, F. (2020). Chapter 2—Wastewater treatment as a process and a resource. En J. A. Olivares, D. Puyol, J. A. Melero, & J. Dufour (Eds.), *Wastewater Treatment Residues as Resources for Biorefinery Products and Biofuels* (pp. 19-45). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816204-0.00002-3>

Perez, F., & Camacho, L. (2011). Tecnología para el tratamiento de aguas servidas (Pregrado, Universidad Veracruzana). Universidad Veracruzana, México. Recuperado de <https://n9.cl/1ezg>

Pérez, F., & Urrea, M. (2011). Abastecimiento de Aguas. Tema 6: Coagulación y floculación. Recuperado de <https://n9.cl/3ips>

Pizzi, N. (2005). *Water Treatment Operator Training Handbook*. Denver, CO.

Poquioma, A., Purizaga, E., & Rodríguez, N. (2016). Mejora del proceso de despacho para contenedores refrigerados vacíos en LICSA (Maestría, Universidad del Pacífico). Universidad del Pacífico, Perú. Recuperado de <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/1333122>

Ramírez, R., & Mendoza, L. (2005). Economía del agua en Baja California: Reúso de aguas residuales tratadas bajo mecanismos de mercado. UABC.

- Rana, S., & Suresh, S. (2017). Comparison of different Coagulants for Reduction of COD from Textile industry wastewater. *Materials Today: Proceedings*, 4(2, Part A), 567-574. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.01.058>
- Reynolds, K. (2002). Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica. Recuperado de <https://n9.cl/bemhy>
- Rigola, M. (1989). TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES: AGUAS DE PROCESO Y RESIDUALES. Marcombo.
- Rodríguez, C., & Zapata, C. (2015). Influencia del ph, concentración de coagulante a base de aluminio y floculante en la remoción de sulfuros, sólidos suspendidos, demanda química y biológica de oxígeno de efluentes de rivera en curtiembres. (Pregrado, Universidad Nacional de Trujillo). Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3270>
- Romero, J. (2006). Purificación del agua. 2da Edición (2nd edition). Bogota: Escuela Colombiana de Ingeniería / Distribuido por Lemoine Editores.
- Sette, R. (1996). Tratamiento de aguas residuales. Reverte.
- Soluciones Químicas Ambientales S.A.C. (2020). Demanda Química de Oxígeno.
- Torres, J. (2020). Entrevista sobre el proceso de Lavado de Contenedores Refrigerados [Presencial].
- Trebouet, D., Schlumpf, J. P., Jaouen, P., & Quemeneur, F. (2001). Stabilized landfill leachate treatment by combined physicochemical–nanofiltration processes. *Water Research*, 35(12), 2935-2942. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(01\)00005-7](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(01)00005-7)

Universidad de Sevilla. (2020). Manual del carbón activado. Recuperado de <https://n9.cl/q6xp>

Ures, P., Suarez, J., & Jacome, A. (2015). Adsorción en carbón activado.

Velásquez, D. (2017). Aplicación del método de electrocoagulación al efluente de la Planta Piloto de Leche «La Molina» (Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3106>

Wang, L. K., Hung, Y.-T., & Shammas, N. K. (Eds.). (2005). Physicochemical Treatment Processes: Volume 3. Humana Press. <https://doi.org/10.1385/159259820x>